

Anvisningar för projektering och dimensionering av bevattningsanläggningar

Waldemar Johansson

STENCILTRYCK NR 43

INSTITUTIONEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

UPPSALA 1970

Institutionen för lantbrukets hydroteknik
Försöksavdelningen
Lantbrukshögskolan

ANVISNINGAR FÖR PROJEKTERING OCH DIMENSIONERING
AV BEVATTNINGSANLÄGGNINGAR

av

Waldemar Johansson

Uppsala 1970

ANVISNINGAR FÖR PROJEKTERING OCH DIMENSIONERING AV BEVATTNINGSANLÄGGNINGAR

av Waldemar Johansson

1. INLEDNING

En bevattningsanläggning består normalt av pump med drivkälla, tillopps- eller matarledning samt spridarledning med spridare. Dessa delar kan var och en vara av olika typ, storlek och material. Ledningssystemet kan dessutom läggas på olika sätt; vara mer eller mindre stationärt och helt eller delvis nedgrävt. Utformningen i det enskilda fallet kan således göras på många olika sätt. Skillnader i naturliga och ekonomiska förutsättningar gör att den mest ändamåls- enliga lösningen sällan blir likadan från fall till fall. Det primära är dock att anläggningen får en kapacitet som svarar mot behovet och att den fungerar på ett tillfredsställande sätt.

I allmänhet kan man inte få en anläggning lämpligt utformad och dimensionerad utan en noggrann planering. Oftast är det representeranter för bevattningsfirmor, som utför projekteringen. De större firmorna har lång erfarenhet härav. Hjälp kan också erhållas från länets lantbruksnämnd. Lantbruksnämnden måste konsulteras före eventuellt köp, om man vill ha statligt stöd. Man bör begära personligt besök av den som skall avge förslag eller offert. Det är självklart också värdefullt med alternativa förslag och med offerter från olika håll.

Det finns idag icke någon kortfattad handledning för den som vill projektera en anläggning eller bedöma erhållna förslag. De här anvisningarna är avsedda att täcka den bristen. De omfattar i korthet en genomgång av de förutsättningar som måste undersökas, normer för och synpunkter på hur en anläggning bör dimensioneras samt en del härför erforderliga data och hjälpmedel. Dessa avsnitt följer i den ordning jag anser vara lämpligast vid projektering av en anläggning. Sist finns ett avsnitt om några lagrum rörande bevattning.

2. UNDERSÖKNING AV ALLMÄNNA FÖRUTSÄTTNINGAR

- 2.1. Areal och grödor. Uppgifter om areal av de grödor som skall vattnas behövs som grundval för beräkning av erforderlig kapacitet och för bestämning av pumpstorlek, rördimensioner, antal spridare m.m. Hänsyn bör tas till eventuell framtida arealutökning eller ändring i växtföljden.
- 2.2. Vattentillgång, rätten till vatten och vattenkvalitet. Det finns ingen anledning att dimensionera en anläggning för större kapacitet än vad som svarar mot tillrinningen av vatten under torrperioder. Man måste därför söka få fram uppgifter om vattentillgången även om inte direkta mätningar kan utföras. Borrhål bör provpumpas. Svenska Diamantbergborrnings AB (1959, 1967) brunnsförteckning och lokala erfarenheter kan ge vägledning om vattentillgången i grunden. En tillrinning av 1 l/s ger 86,4 m³ per dygn. Denna mängd motsvarar en medelbevattning av ca 8,6 mm på 1 ha eller 30 mm på 0,29 ha. Diagrammen i fig. 1 kan användas för bedömning av hur stor areal, som kan vattnas vid bestämd tillrinning och driftstid.

Den juridiska rätten till vattnet måste också beaktas. Se härom under avsnitt 6!

Frågan om vattnets kvalitet har många aspekter. Allmänt sett skall man vara försiktig med att använda vatten, som kan misstänkas innehålla skadliga ämnen eller organismer. Däremot är det normalt ingen risk att använda kallt vatten vid besprutning. Erfarenheter om användbarheten av salthaltigt vatten har sammanställts av Nitsch (1967). Se litteraturförteckningen!

- 2.3. Arronderingsförhållanden. Skiftenas belägenhet, storlek och form avgör vilken längd och sträckning, som är lämpligast för tillopps- och spridarledningar. I regel behöver man en karta för att få en överblick över arronderingsförhållandena och för att kunna ge förslag till bra lösningar.

2.4. Jordartsförhållanden. Med uppgifter om jordmån och rotdjup kan man ange lämpliga vattengivor och tidsintervall för bevattning under olika väderleksbetingelser. I tabell 1 finns uppgifter om hur stora nettomängder vatten som bör tillföras. De svarar mot en uttömning av 50-70 % av det växttillgängliga vatten respektive jordar kan hålla vid jämvikt med en grundvattenyta på 1.5 m djup.

2.5. Möjlig avdunstning. Avdunstningen plus transpirationen från en gröda är normalt störst på högsommaren. I genomsnitt kan denna totala vattenavgång uppgå till 3.5-4 mm per dag under juni och juli från ett slutet växande bestånd, som är välförsörjt med vatten (tabell 3). Normalt är vattenavgången mindre än tabellens värden för bar mark och för icke slutna bestånd samt för mognande grödor. Värdena är större för torrår än våtar.

För grödor som vattnas när uttorkningen gått så långt som anges i tabell 1, kan avdunstningen antagas vara något lägre än värdena i tabell 3. Man får dock alltid räkna med en del förluster vid själva spridningen. Dessa kan uppgå till 30-35 % vid dagbevattning men är i regel obetydliga vid nattbevattning. Med hänsyn till spridningsförlusterna kan man därför använda värdena i tabell 3 som mått på det genomsnittliga behovet av total vattentillförsel till grödor som vattnas när det behövs. Skillnaden mellan ett månadsvärde i tabell 3 och motsvarande värde för medelnederbörden i tabell 4 kan således sägas ange det genomsnittliga bevattningsbehovet för månaden ifråga.

Vill man ha reda på hur ofta nederbörden i genomsnitt räcker till för att täcka den möjliga avdunstningen kan man använda de uppgifter som finns i tabellerna 5 och 6. Så är t. ex. den möjliga avdunstningen i Uppsala under juli i genomsnitt 118 mm. I genomsnitt för åren 1885-1964 har julinederbörden i Uppsala överstigit 120 mm endast ungefär vart 11:e år (tabell 6). Med hjälp av tabellerna 5 och 6 kan man också bedöma hur vanligt det är med bestämda nederbördsunderskott i relation till den möjliga avdunstningen.

- 2.6. Arbetskraftssituation och drifttid per tidsenhet. En anläggning bör från början planeras och utformas med tanke på tillgången på arbetskraft samt med hänsyn till hur många vattningsskift eller uppställningar, som kan medhinnas per dygn eller vecka. Erforderlig tid för rörflyttning m.m. anges i tabell 2. Arbetstiden kan nedbringas på olika sätt. Se härom hos Johansson & Tjärvar (1964) och Johansson (1965). Minst tid erfordras för en helt stationär nedgrävd anläggning.
- 2.7. Lämplig drivkraft. Vid planeringen får man bedöma eller beräkna vilken form av drivkraft, som kan vara fördelaktigast. En elmotor är i regel mera driftssäker och lättare att förse med automatik än traktor eller separat förbränningsmotor. Anläggnings- och årskostnaderna kan dock bli högre om elanslutningen kräver lång kabel eller transformator. Vid traktordrift är det ofta lätt att ordna flera pumpplatser, vilket kan minska ledningsbehovet.
- 2.8. Lämplig(-a) pumpplats(-er), höjdskillnader och avstånd. Pumpplats(-er) vid öppna vattentäcker bör väljas med hänsyn bl. a. till vattentillgång, behov av ledningssträcka samt närhet för tillsyn eller elanslutning.
- Uppgifter om sughöjd, maximal tryckhöjd och maximalt avstånd från pumpplatsen behövs för dimensionering av ledningar samt av pump och motor.
- 2.9. Ledningssystemets utformning i stort. Ledningssystemet är normalt den dyraste delen av en anläggning. För vanliga anläggningar med flyttbara ledningar är det också den del som är mest arbetskrävande och ger störst driftskostnad. Det är därför befogat att ägna god tid åt dess utformning och dimensionering. Först måste man då ta ställning till hur tilloppsledningen från pumpen skall dragas och till om den skall grävas ner, till hur spridarledningen skall läggas och flyttas samt till eventuell användning av slangsystem (fig. 2). Här kommer också valet och priset på olika rörmaterial in i bilden. Så är t. ex. asbest-cementrör och vanligen också PVC-rör endast lämpade till nedgrävda ledningar.

2.6. Arbetskraftssituation och drifttid per tidsenhet. En anläggning bör från början planeras och utformas med tanke på tillgången på arbetskraft samt med hänsyn till hur många vattningsskift eller uppställningar, som kan medhinnas per dygn eller vecka. Erforderlig tid för rörflyttning m.m. anges i tabell 2. Arbetstiden kan nedbringas på olika sätt. Se härom hos Johansson & Tjärvar (1964) och Johansson (1965). Minst tid erfordras för en helt stationär nedgrävd anläggning.

2.7. Lämplig drivkraft. Vid planeringen får man bedöma eller beräkna vilken form av drivkraft, som kan vara fördelaktigast. En elmotor är i regel mera driftssäker och lättare att förse med automatik än traktor eller separat förbränningsmotor. Anläggnings- och årskostnaderna kan dock bli högre om elanslutningen kräver lång kabel eller transformator. Vid traktordrift är det ofta lätt att ordna flera pumpplatser, vilket kan minska ledningsbehovet.

2.8. Lämplig(-a) pumpplats(-er), höjdskillnader och avstånd. Pumpplats(-er) vid öppna vattentäkter bör väljas med hänsyn bl.a. till vattentillgång, behov av ledningssträcka samt närhet för tillsyn eller elanslutning.

Uppgifter om sughöjd, maximal tryckhöjd och maximalt avstånd från pumpplatsen behövs för dimensionering av ledningar samt av pump och motor.

2.9. Ledningssystemets utformning i stort. Ledningssystemet är normalt den dyraste delen av en anläggning. För vanliga anläggningar med flyttbara ledningar är det också den del som är mest arbetskrävande och ger störst driftskostnad. Det är därför befogat att ägna god tid åt dess utformning och dimensionering. Först måste man då ta ställning till hur tillloppsledningen från pumpen skall dragas och till om den skall grävas ner, till hur spridarledningen skall läggas och flyttas samt till eventuell användning av slangsystem (fig. 2). Här kommer också valet och priset på olika rörmaterial in i bilden. Så är t.ex. asbest-cementrör och vanligen också PVC-rör endast lämpade till nedgrävda ledningar.

skall kunna vattnas på kortare tid än i medeltal 20 tim/dygn. Det medför högre anläggningskostnader.

I fig. 1. finns diagram med vilkas hjälp man lätt beräknar vattenbehovet per timme under olika förutsättningar.

4. UTFORMNING OCH DIMENSIONERING AV SPRIDARE-OCH LEDNINGSSYSTEM

4.1. Spridare. Det finns numera ett stort sortiment av spridare och munstycksstorlekar. Ofta är munstyckena utbytbara.

Hur många spridare som behövs och vilket munstycke som skall väljas bestämmas av följande tre saker: 1) Av hur mycket vatten som skall utspridas per timme enligt avsnitt 3, 2) av hur lång sträcka som skall kunna vattnas vid varje uppställning samt 3) av vilken medelbevattning per timme som är önskvärd. Ju mindre munstycke, desto mindre utströmning per tidsenhet (fig. 5) och normalt också desto mindre kastlängd. Med små munstycken behöver man därför flera spridare för en bestämd sträcka än med stora munstycken. Den vattnade arealen blir också smalare och mindre. Däremot blir medelintensiteten inte alltid lägre med mindre munstycke (tabell 7). Det senare sammanhänger med vilka spridaravstånd som är lämpligast.

Spridarna bör icke placeras längre från varandra än 1.2-1.3 gånger kastlängden (fig. 3). Vid blåst skall avstånden helst vara ännu mindre. Triangelförband ger normalt något bättre fördelning än fyrkantsförband. Vattenfördelningen blir vidare vanligen bättre ju kortare spridaravstånden är. Bäst fördelning erhålles om spridarnas egen vattenfördelning avtar lineärt utåt från spridaren (fig. 4). Uppgifter om spridarfördelningen skall kunna lämnas av säljaren. Provningsar härav har utförts av Christensen (1961) och av Statens redskapsprövar (1966-1969, meddelandena nr 800-816, 889, 890, 933 och 971).

Medelintensiteten (brutto) vid bevattning kan beräknas från sambandet

$$\text{Medelintensitet (mm/tim)} = \frac{1000 \cdot \text{utströmning per spridare (m}^3/\text{tim)}}{\text{spridarens förbandsyta (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Förbandsytan är lika med spridaravståndet på ledningen gånger flyttningsavståndet för ledningen. Vid slangbevattning avses motsvarande produkt.

En spridares utströmning Q kan beräknas från relationen

$$Q(\text{m}^3/\text{tim}) = 0.0125 \cdot d^2(\text{mm}) \cdot \mu \sqrt{h(\text{m v.p.})} \quad (3)$$

Här är d munstyckets diameter, μ en utströmnings- eller spridarkoefficient, som normalt ligger inom intervallet 0.90-0.98, samt h trycket vid munstycket i meter vattenpelare. För t. ex. $d = 6 \text{ mm}$, $\mu = 0.95$ och $h = 40 \text{ m v.p.}$ blir $Q = 2.70 \text{ m}^3/\text{tim}$. I fig. 5 finns ett diagram, som visar utströmningen hos olika stora spridare vid $\mu = 0.95$. Broschyren om spridare redovisar i regel data om utströmningen vid olika övertryck. Normalt bör övertrycket vid spridarna vara 30-40 m v.p.

Ofta är det lämpligt att ha så lång spridarledning att man kan vattna en hel eller en halv fältlängd. Tabellerna 9 och 10 ger upplysningar om hur många spridare respektive hur långa spridarledningar man kan ha med olika munstycken och rördimensioner utan att tryckskillnaden mellan första och sista spridaren blir mer än 15 % av medeltrycket.

Vilken medelintensitet som passar bäst beror förutom av jorden och grödan främst av hur lång tid man räknar med för varje uppställning. Med 3 uppställningar eller bevattningsskift per dygn kan man vattna maximalt omkring 7 timmar per uppställning. Det finns praktiskt taget ingen spridare som ger lägre medelintensitet än 4 mm/tim med lämpliga spridaravstånd. Ofta blir medelintensiteten minst 5 mm/tim (tabell 7).

Vid fall med gemensam tilloppsledning bör varje delägare som regel ha tillräckligt många och stora spridare för eget behov. Tilloppsledning och pumpaggregat får då dimensioneras med hänsyn till det totala vattenbehovet för alla delägare.

När antalet spridare och deras storlek blivit bestämt, kan pumpens kapacitet definitivt fastställas. Ofta får man då något justera den enligt avsnitt 3 överslagsmässigt beräknade kapaciteten.

- 4.2. Ledningssystem. Hur ledningssystemet skall vara uppbyggt i stort bör vara bestämt på ett tidigare stadium av projekteringen (punkt 2.9). Efter valet av spridare är det nu lämpligt att bestämma detaljutformningen. Det gäller rörbehov, val av rörmaterial och kopplingssystem för olika avsnitt, rörens dimension samt behov av uttag (hydranter), ventiler, böjar, slutstycken, ständarrör, stödfötter etc.

Rörmaterial och kopplingstyper har diskuterats av Christensen (1961), Johansson & Tjärvar (1964) och Johansson (1965). Resultat från provning av rör har redovisats i meddelande nr 800 från Statens redskapspröver (1966). Firmornas broschyrer ger upplysningar om vilka rör och rördetaljer, som kan offereras. Vid jämförelser mellan priser på en rördimension bör hänsyn tas till rörens godstjocklek. Det kan finnas ganska stora skillnader härvidlag och därmed skillnader i hållfasthet. Främst gäller detta för aluminiumrör. Ofta finns det också skillnader i aluminiumlegeringens sammansättning mellan olika rör. Det finns dock inga direkta prov på vad sådana skillnader betyder för Al-rörens hållbarhet som bevattningsrör.

Vilka dimensioner hos rören som skall väljas för olika avsnitt får bli en fråga om vilka friktionsförluster som kan tolereras eller vara ekonomiskt motiverade. Ju mindre och billigare dimensioner desto större friktionsförluster och driftskostnader. Se under nästa avsnitt!

För spridarledningar är den vanligaste dimensionen 70 eller 76 mm utvändigt mått. Firmorna säljer också metallrör med omkring 50 mm diameter. I något fall offereras också 60 mm rör.

Ledningar som gräves ned skall skyddas för tryckskador och frostsprängning. Metallrör måste dessutom ha korrosionsskydd. I regel blir det för dyrt att lägga rören så djupt att inte tjälen når ner. Man måste då ha möjlighet att tömma systemet på hösten på de lägsta punkterna. Polyetenrör kan dock tåla den utvidgning som isbildning ger.

Som skydd mot belastning vid tillfällig trafik bör läggningsdjupet vara minst 50 cm för ledningar med högst 50 mm diameter och minst 75-80 cm för grövre ledningar. Vidläggning utan skydd under väg eller liknande måste djupet vara betydligt större. Särskilt för asbest-cementrör och PVC-rör är det också viktigt med en omsorgsfull läggning så att inte rören genom ojämnheter eller stenar får stora punktbelastningar.

4. 3. Friktionsförluster. Vid strömning uppstår friktions- eller tryckförluster i ledningen samt vid ventiler och spridare. För en rak ledning gäller generellt att tryckförlusten h_1 är

$$h_1 (\text{m v.p.}) = f_1 \cdot \frac{1000 \cdot l(\text{m})}{d(\text{mm})} \cdot \frac{v^2(\text{m/s})}{2 \cdot g(\text{m/s}^2)} \quad (4)$$

Här är f_1 en rörfriktionskoefficient, d ledningens inre diameter, l ledningens längd, v hastigheten hos det strömmande mediet, i detta fall vatten, samt g ($= 9.81 \text{ m/s}^2$) tyngdaccelerationen. Koefficienten f_1 beror av ledningsväggs ojämnhet (råhet), av ledningens inre diameter samt av vattnets hastighet och temperatur. Dess storlek och därmed tryckförlusternas storlek varierar därför bl. a. med rörtypen.

Friktionsförlusterna vid enskilda detaljer i ledningssystemet såsom kopplingar, böjar och förminskningsrör samt i ventiler och spridare är bestämda av uttrycket

$$h_2 (\text{m v.p.}) = f_2 \cdot \frac{v^2(\text{m/s})}{2 \cdot g(\text{m/s}^2)} \quad (5)$$

Friktionskoefficienten f_2 kan här variera inom vida gränser även mellan detaljer med samma funktion. Så har t. ex. Statens redskapspröver (1966, medd. 800) funnit stora skillnader mellan olika typer av kopplingar. I fig. 6 och 7 finns två diagram för

bestämning av friktionsförluster. Det första är uppgjort för råhetstalet $k = 0.1$ mm på basis främst av resultat från Statens redskapspröver (1966, medd. 800). Diagrammet i fig. 7 för plaströr gäller för $k = 0.01$ mm enligt rekommendation av Jansson (1966).

Rördimensionen för tilloppsledningen eller systemet av tilloppsledningar bör i första hand väljas med hänsyn till årskostnaderna för drivkraft plus de fasta posterna för avskrivning samt ränta och underhåll. Flyttbara ledningar kan för sådana här jämförelser avskrivas på 10 år och jordledningar på 15 år.

Av diagrammen i fig. 6 och 7 får man uppgifter om tryckförlusterna. Med hjälp av ekvation 6 på s. 12 kan man sedan beräkna vad förlusten i varje rörtyp betyder i effektbehov och därmed i erforderlig motoreffekt. Så medför t. ex. en tryckförlust av 15 m v.p. ett effektbehov av 2.5 hk, när genomströmningen är $27 \text{ m}^3/\text{tim}$ och verkningsgraden 60 %. Detta svarar mot en motoreffekt hos en elmotor av minst 3 hk.

En vanlig rekommendation är att högst 10-15 % av trycket vid pumpen bör gå förlorat fram till första spridaren. Om den totala förlusten tillåtes bli större bör man dock sträva efter att inte få nämnvärda skillnader i ingångstryck för spridarledningen på olika platser. Andra tumregler är att vattnets hastighet helst icke bör överstiga 1 m/s i jordledningar och helst icke 2-2.5 m/s i flyttbara ledningar.

I spridarledningar, till vilka jag även räknar ledningar med slanguttag för spridare, är det önskvärt med så låga tryckförluster som möjligt. Det är en förutsättning för att man skall kunna få lika mycket vatten och en jämn fördelning längs hela ledningen. Tryckskillnaden mellan första och sista spridaren bör därför inte överstiga 15 % av trycket vid första spridaren. När ingångstrycket till spridarledningen är större än 40 m v.p. kan dock tryckfallet få bli 20 %. I kuperad terräng skall spridarledningen helst läggas i vinkel mot lutningen (längs nivåkurvorna).

Tryckförlusten i en spridarledning bestämmes enklast i två steg. Först beräknas, efter avläsning i fig. 6 eller eventuellt i fig. 7, förlusten för hela ledningen och spridarnas totala vattenmängd. Sedan multipliceras det erhållna värdet med den faktor, som anges i tabell 8, för det aktuella antalet spridare. Antag t.ex. att 12 spridare, som vardera ger $1.6 \text{ m}^3/\text{tim}$, placeras på 12 m inbördes avstånd på en ledning med 58 mm inre diameter. Tryckförlusten i 144 m ledning vid $12 \cdot 1.6 = 19.2 \text{ m}^3$ vatten per timme är enligt fig. 6 $8.6 \cdot 1.44 = 12.5 \text{ m v.p.}$ Tryckfallet till sista spridaren blir då $0.38 \cdot 12.5 = \text{ca } 4.8 \text{ m v.p.}$

I tabell 9 har jag för olika munstycksstorlekar och spridaravstånd angivit hur många spridare en ledning kan ha utan att ingångstrycket 38 m sjunker mer än 6 m (ca 15 %) till sista spridaren. Tabell 10 ger uppgifter om spridarledningens längd för dessa exempel. Med hjälp av dessa två tabeller kan man för varje enskilt fall välja den bästa kombinationen av spridarstorlek och rördimension. Det är också möjligt att använda olika dimensioner i spridarledningen. Från praktisk synpunkt är detta dock ofta en nackdel.

Vid användning av slangsystem (fig. 2) måste man beakta friktionsförlusterna i slangarna. Enligt diagrammet i fig. 7 skulle tryckförlusten i en 25 m lång 1" plastslang med inre diametern ca 20 mm bli omkring 3.5 m v.p. vid en genomströmning av $1.6 \text{ m}^3/\text{tim}$. För 3/4" slang med inre diametern ca 16 mm blir förlusten vid samma genomströmning större än 5 m v.p. (mera exakt ca 9.5 m). Dessa förluster är större än vad man vanligen får fram vid användning av diagram i broschyrer. Även om de därför skulle vara något för stora, ger de dock en antydning om att tryckfallet kan vara betydande i dessa slangdimensioner, som är de vanligaste för enskilda spridare.

Slutligen bör varje anläggning provas med alla spridare inkopplade vid den uppställning som är längst från pumpen. Säljaren bör förbinda sig att göra detta. Det är speciellt viktigt att få jordledningar testade.

5. SUMMERING AV DATA FÖR PUMPEN OCH BERÄKNING AV MOTORSTYRKA

- 5.1. Pumpens kapacitet och uppforderingshöjd. Hur mycket vatten pumpen skall kunna ge bestäms av antalet spridare och deras storlek samt av övertrycket vid spridarna, vilket i regel bör vara 30-40 m v.p.

Pumpen skall kunna mobilisera ett tryck, som är lika med summan av sughöjden, maximala höjdskillnaden mellan pump och spridare, tryckfallet i tilloppsledningen fram till första spridaren vid bevattning längst bort från pumpen samt övertrycket vid första spridaren. Dessa termer mätes och uttryckes lämpligen i meter. Deras summa utgör den s.k. totala manometrisk uppforderingshöjden, som brukar anges i meter vattenpelare (m v.p.).

- 5.2. Effektbehov vid pumpen. Detta kan beräknas från sambandet

$$\text{Effektbehov(hk)} = \frac{\text{vattenmängd(m}^3/\text{tim)} \cdot \text{uppforderingshöjd(m v.p.)}}{2.7 \cdot \text{verkningsgrad (\%)}} \quad (6)$$

Önskas effekten uttryckt i kilowatt skall 2.7 i nämnaren utbytas mot 3.67. Verkningsgraden ligger i regel mellan 50 och 70 %.

Ekvation 6 kan också användas för att beräkna vad en skillnad i tryckförlust mellan två rördimensioner betyder i effektbehov.

I fig. 8 finns två diagram med vars hjälp man snabbt kan få mått på effektbehovet.

- 5.3. Motorstyrka. För elmotor eller förbränningsmotor som är direktkopplad med pumpen bör motorstyrkan vara minst 1.2 gånger effektbehovet vid pumpen. Vid traktordrift bör motorstyrkan vid normalt varvtal vara 1.5-2 gånger större än effektbehovet.
- 5.4. Synpunkter på valet och användandet av pumpaggregat. Normalt kommer endast centrifugalpumpar ifråga till bevattningsanläggningar. De är i regel icke självsugande men sådana typer finns också. Sughöjden kan teoretiskt vara ca 10 m men bör praktiskt ej tillåtas överstiga 7 m. Risken är annars att genomströmningen (kapaciteten) reduceras avsevärt samt att kavitation (gasfyllda volymer) uppkommer i sugledningen och efterhand förstör pumpen.

Är sughöjden endast någon meter större än 7 m kan pumpen kanske placeras på en lägre nivå. I regel blir det dock fråga om att vid sughöjder större än 7 m välja mellan ett system med en vanlig pump i kombination med en djupsugareanordning, en undervattenspump (dränkbar djupbrunnspump) eller en turbinpump.

Det finns system med djupsugare för pumpning från mer än 100 meters djup. Vanligen användes de dock inte för djup större än 30-40 m. På grund av dålig verkningsgrad brukar sådana system inte heller nyttjas för vattenmängder större än $2-3 \text{ m}^3/\text{tim}$. De är emellertid billiga och driftssäkra.

Undervattenspumpar kan användas för stora djup och för såväl små som stora vattenmängder. De kan endast drivas med elkraft. Priset är normalt minst 7000-8000 kr för en pump som ger 20-25 m^3 . Turbinpumpar, som i regel är ännu dyrare, kan vara ekonomiskt berättigade där tillgång på elkraft saknas eller kräver stora investeringar. Motorns placering ovanför borrhålet gör den lättåtkomlig för eventuell reparation.

Ofta är det lämpligt att använda en pump med djupsugare eller en undervattenspump enbart för uppumpning och sedan ha en separat pump för själva utspridningen av vatten. En annan lösning är att komplettera djupbrunnspumpen med en hydrofor. Detta kan också tillämpas vid vanliga pumpaggregat.

Det är värdefullt att närmare känna till pumpens egenskaper. I fig. 9 visas exempel på en fullständig pumpkaraktistik för en centrifugalpump. I regel är det en fördel om den översta kurvan är flack, vilket innebär att trycket håller sig ungefär konstant vid olika stora vattenuttag. Det är givetvis också viktigt att pumpen får arbeta inom det område där verkningsgraden är störst (nedersta kurvan). När pumpen skall utnyttjas för varierande vattenmängder (växlande antal spridare) bör därtill området med hög verkningsgrad vara så brett som möjligt. Är det fråga om stora skillnader i vattenmängd kan det dock vara lönande att ha

två pumpaggregat eventuellt av olika storlek.

Vid traktordrift måste man vara uppmärksam på att en ökning av varvtalet utöver det normala lätt medför överbelastning av traktorn. För centrifugalpumpar är nämligen effektbehovet proportionellt mot tredje potensen på varvtalet. Det innebär att effektbehovet ökar 8 gånger vid fördubbling av varvtalet och att t. ex. en ökning av varvtalet från 540 till 680 fördubblar effektbehovet.

Provning av bevattningspumpar har utförts av Statens redskapsprøver (1965, medd. 700-711). Olika pumptyper har beskrivits bl. a. av Bjerninger (1948).

6. NÅGRA BESTÄMMELSER I VATTENLAGEN SOM RÖR BEVATTNING

6.1. Rätten till vatten

1. För hav, sjöar och vattendrag är huvudregeln att envar, med vissa inskränkningar, råder över det vatten som finns på hans grund (1 kap., 1 §=1:1).
2. I rinnande vatten har vardera sidans ägare lika lott i vattnet, även om större del därav framrinner på den enes grund (1:2). Denna princip rubbar dock ej den rätt till större lott i vattnet, som kan grundas på dom, urminnes hävd eller annan särskild rättsgrund.

Det finns vissa särbestämmelser för s. k. kungsådra (1:5).

3. Rätten att tillgodogöra sig grundvatten tillhör i princip jordägaren (1:15). Detta rubbar dock ej den rätt att på annans område tillgodogöra sig grundvatten, som kan stödjas på dom, urminnes hävd eller annan särskild rättsgrund.

6.2. Inskränkningar i rätten till vatten

1. Byggnad i vatten skall göras så att ändamålet utan oskäligen kostnad vinnes med minsta intrång och olägenhet för annan (2:2).

2. För anläggande av grundvattentäkt finns en likalydande bestämmelse (2:43). Den har dock tillägget att nödig sparsamhet med vatten skall iakttagas vid vattentäktens utnyttjande.
3. Byggnader i vatten tillåtes i regel ej om skada tillfogas eller intrång göres på annans egendom, t. ex. på jord, hus och fiske, genom uppdämning, sänkning av vattenståndet eller annan inverkan på vattenförhållandena (2:3). Dock medges sådant byggande om värdet av nyttan, efter avdrag av byggnadskostnaden, uppgår till minst tre gånger skadan på åker och äng samt minst två gånger skadan på annan egendom. Det krävs emellertid då också att byggandet ej medför allvarliga nackdelar för ett större antal bofasta personer eller väsentlig inskränkning i verksamhet varav många ha sitt uppehålle.
4. Grundvattentäkt, som är avsedd för annat ändamål än fastighets förseende med vatten för husbehovsförbrukning, får i regel ej anordnas eller nyttjas så att fastighet berövas erforderligt vatten eller att grundvattentäkt, som är avsedd för annat ändamål än fastighets förseende med vatten, icke kan utnyttjas i huvudsakligen samma utsträckning som tidigare (2:44). Lagen medger dock undantag för sådana fall, där fördelarna från allmän och enskild synpunkt bedömes väsentligt överväga olägenheterna. Det krävs emellertid då också att nyttjandet ej medför att ett flertal fastigheter berövas erforderligt vatten för husbehovsförbrukning eller att större fabrik eller annan anläggning, varav många ha sitt uppehålle, måste nedläggas eller dess drift väsentligt minskas.
5. Vid konkurrens om ytvatten eller grundvatten skall företräde ges åt det företag, som från allmän och enskild synpunkt kan antas bli till störst gagn (2:38, 2:48). När sådan fråga avgöres skall dock jämkning om möjligt ske så att vars och ens intresse tillgodoses utan väsentligt förfång för annan. Vid avgörande om grundvatten skall det dessutom alltid tillses att ej någon ort berövas erforderligt vatten från grundvattentillgång inom orten (2:48).

6. Den som bygger i vatten där fisken har sin gång kan bli skyldig att avstå vatten för fiskens framkomst eller för tryggande av dess bestånd (2:8, 2:9). Ingen ersättning utgår härför.

Man kan också vid byggande i vatten bli ålagd att utan ersättning vidtaga och underhålla anordningar till förebyggande av skada å fiske (2:8) eller att årligen erlägga en särskild avgift för befrämjandet av fisket inom landet (2:10).

7. Kronan eller kommun har rätt att i eller vid vattenområde vidtaga åtgärder, som är önskvärda från naturskydds- eller hälso-synpunkt, samt att taga i anspråk härför erforderligt vatten (2:9).
8. Vid avsevärd minskning i tillgången på grundvatten inom en ort till följd av långvarig torka eller därmed jämförbar orsak, är ägare till grundvattentäkt skyldig att mot ersättning avstå för allmänt behov oundgängligen erforderligt vatten, även om sådant förbehåll icke meddelats i tillståndet till grundvattentäkten (2:52).

6.3. Byggande i vatten och grundvattentäkt enligt lagens mening.

1. Med byggande i vatten avser vattenlagen uppförande av damm, bro, brygga, vall, hus eller annan anläggning samt fyllning eller pålning i vattendrag, i sjö eller mindre vattensamling, i havet eller på land så nära strandbädden, att inverkan kan ske på vattenståndet (2:1).
2. Till byggande i vatten räknas också varje ändrings- eller reparationsarbete på vattenbyggnad nedom högsta kända vattenståndet (2:1).
3. Med byggande likställs bortledande av vatten från vattendrag, sjö, mindre vattensamling eller hav, grävning och sprängning i sådant vattenområde samt annan åtgärd, som medför ändring i vattnets djup eller läge (2:1).
4. Med grundvattentäkt - vattentäkt i lagtexten - avses anläggning för tillgodogörande av grundvatten (2:42).

5. Två eller flera av en ägares anläggningar vid samma grundvattentillgång räknas som en grundvattentäkt, såvida de ej är avsedda för helt skilda behov (2:42).
6. 4. När krävs ansökan om prövning av vattendomstol för anordnande och nyttjande av ytvattentäkt?
 1. Uppförande eller förändrande av damm i älv, ström, å eller större bäck får ej påbörjas förrän vattendomstolen efter ansökan lämnat besked om, hur och under vilka villkor arbetet får utföras (2:20).
 2. Ej heller annat byggande i älv, ström, å eller större bäck, som kan medföra märkbar inverkan på vattenståndet eller vattnets lopp, får påbörjas utan tillstånd, om det inte är uppenbart att varken allmän eller enskild rätt förnärmas (2:20). Till sådant byggande räknas bl. a. bortledande av vatten.
 3. För byggande i mindre bäck, i sjö eller mindre vattensamling eller i havet krävs prövning av vattendomstol, om sannolika skäl föreligger att allmän eller enskild rätt förnärmas (2:20).
 4. När byggande i vatten ej får ske utan föregående prövning, varigenom medgivande till arbetet erhållits, får dessförinnan ej heller annat arbete av större omfattning påbörjas på anläggningen (2:20). Detta gäller arbeten och byggnader utanför vattenområdet.
6. 5. När krävs ansökan om prövning av vattendomstol för anläggande och nyttjande av grundvattentäkt?
 1. Anläggande av grundvattentäkt, som är avsedd att utnyttjas för större vattenmängd än 300 m^3 per dygn och för annat ändamål än fastighets förseende med vatten för husbehovsbrukning, får ej påbörjas förrän vattendomstolen efter ansökan lämnat besked om, hur och under vilka villkor arbetet får utföras och grundvatten tillgodogöras vid vattentäkten (2:47).
 2. Vid befintlig grundvattentäkt får man ej, annat än för tillfälligt behov, utan vattendomstolens prövning ta ut större vattenmängd än tidigare, om den mängd, som kommer att tas ut, överstiger

300 m³ per dygn (2:47). Bestämmelsen gäller ej nyttjande av grundvattentäkt för fastighets förseende med vatten för husbehov (2:47).

3. För uttag av mindre än 300 m³ grundvatten per dygn, som ej är avsett enbart för husbehovsförbrukning, krävs vattendomstolens prövning, om sannolika skäl föreligger att allmän eller enskild rätt förnärmas (2:47).
 4. Även andra åtgärder för tillgodogörande av grundvatten, som ej är avsett enbart för husbehovsförbrukning, skall underställas vattendomstolen för prövning, om sannolika skäl föreligger att allmän eller enskild rätt förnärmas (2:47).
- 6.6. Intrång på annans fastighet vid tillgodogörande av vatten
1. Behöver någon för att ändamålsenligt kunna tillgodogöra sig ytvatten, att på annans fastighet lägga damm, vall, väg eller ledning för vatten eller att på annans grund i eller vid vattendrag verkställa grävning, sprängning eller annan åtgärd till strömbäddens reglerande eller till förebyggande eller minskande av skada, så är ägaren till den fastighet som berörs pliktig att mot ersättning tåla sådant intrång (2:14).

Tomt, trädgård eller park får dock ej tas i anspråk, där detta utan synnerlig olägenhet kan undvikas (2:17).
 2. Vill någon för att tillgodogöra sig ytvatten begagna sig av annans byggnad i vatten och kan det ske utan väsentlig olägenhet för byggnadens ägare, är han berättigad därtill (2:15). Han skall då betala skälig andel av byggnadens faktuerade värde, deltaga i framtida underhållskostnad samt ersätta för intrång och olägenhet.
 3. Behöver någon för att ändamålsenligt kunna tillgodogöra sig grundvatten, att på annans fastighet framdraga ledning för vatten, taga väg, utsätta observationsrör eller utföra åtgärd till förebyggande eller minskande av skada, så är ägaren till den fastighet som berörs pliktig att mot ersättning tåla sådant intrång (2:45).

Tomt, trädgård eller park får dock ej tas i anspråk, om därav uppkommer avsevärt men och ändamålet utan synnerlig olägenhet kan nås på annat sätt (2:46).

6.7. Ersättningsregler

1. Den som enligt vattenlagen medgives rätt att ta annans egendom i anspråk eller att göra intrång på denna, skall, om ej annat stadgas, gälla ersättning för egendom som avstås eller för förlust, skada eller intrång som förorsakas (9:1).

Ersättning skall i de flesta fall utgå i pengar. Ett undantag är följande.

2. Skulle nyttjande av grundvattentäkt medföra att annan därigenom ej kan ta ut erforderlig vattenmängd vid egen grundvattentäkt, skall ersättning i första hand utgå genom tillhandahållande av vatten (9:46). Denna skyldighet åvilar fastigheten.

6.8. Giltighet och ändring av vattendomstolens beslut

1. Beslut om medgivande att bygga i vatten är, sedan det vunnit laga kraft, för framtiden i princip gällande mot envar, såväl vad gäller rätten att verkställa och bibehålla byggnaden samt därtill hörande anläggningar som rätten att genom byggnaden tillgodogöra vattnet (2:22).
2. Beslut om medgivande att anlägga och nyttja grundvattentäkt eller att vid sådan täkt tillgodogöra större vattenmängd än tidigare är sedan det vunnit laga kraft, för framtiden i princip gällande mot envar (2:50). Dock kan t.ex. ägare av grundvattentäkt, som är beroende av samma grundvattentillgång, eller den som söker tillstånd att anlägga grundvattentäkt ansöka om fastställande av ändrade eller nya bestämmelser för hur mycket vatten, som får tas ut av den som har äldre tillstånd (2:56).
3. För skada eller intrång genom byggnad i vatten eller genomushållningen med vatten, som ej kunnat förutses vid beslutets medgivande, kan ersättningsanspråk resas inom 5 år eller den längre tid, högst 12 år, som föreskrivits i vattendomstolens beslut (2:24).

4. För skada eller intrång genom anläggande av grundvattentäkt eller genom tillgodogörande av grundvatten finns en liknande bestämmelse (2:51).
5. Vid betydande skada eller intrång av byggnad i vatten, kan vattendomstolen efter talan meddela ändrade föreskrifter om hushållningen med vattnet och ålägga ägaren att ändra byggnaden (2:24).
6. Vid betydande skada eller intrång av grundvattentäkts anordnande eller nyttjande kan vattendomstolen efter talan meddela föreskrifter om ändring (2:51).

6.9. Lagrum för fall då prövning av vattendomstol ej påkallats

1. Har efter det att vattenlagen trätt i kraft - 1918 - byggnad i vatten verkställts utan föregående prövning av domstol, så är ägaren bevisningsskyldig med avseende på de förhållanden, som rådde före byggnadens tillkomst (2:26).
2. Har efter ingången av år 1940 grundvattentäkt tagits i bruk utan föregående prövning av vattendomstolen eller tillgodogöres efter nämnda tid utan sådan prövning vid grundvattentäkt större vattenmängd än tidigare, så är vattentäktens ägare bevisningsskyldig med avseende på tidigare rådande grundvattenstånd (2:54).
3. Om någon bygger i vatten eller anlägger grundvattentäkt utan föregående prövning och det är uppenbart att prövning bort föregå, kan överexekutor förbjuda arbetets fortsättande intill dess prövning ägt rum (13:8). Han kan också förordna om handräckning till rättelse i vad olagligen skett.
4. Där byggande i vatten eller annat arbete utföres i strid mot givna föreskrifter, skall också förbud och förordnande, som i föregående punkt, meddelas, om det ej är uppenbart att varken allmän eller enskild rätt kränkes genom avvikelserna (13:8).
5. Om någon mot bestämmelserna i punkterna 6.4 och 6.5 anordnar och utnyttjar ytvattentäkt eller grundvattentäkt utan att vattendomstolen lämnat medgivande därtill, skall han, om han insett eller skäligen bort inse, att medgivande eller godkännande erfordrats, straffas med dagsböter eller fängelse i högst 6 månader.

7. LITTERATURFÖRTECKNING

- Bjerninger, S. 1948. Vattenpumpar och hydroforanläggningar. JTI. Meddelande nr 218, 32 s.
- Christensen, S. Aa. 1961. Markvanding, Afprøvning af vandingsmateriel. Köpenhamn, 224 s.
- Hallgren, G. 1966. Vattenrätt. Inst. f. lantbrukets hydroteknik, Uppsala 7. Stenciltryck nr 31, 77 s.
- Håkansson, A., Johansson, W. & Fahlstedt, T. 1968. Nederbördens storlek och fördelning. Inst. f. lantbrukets hydroteknik, Uppsala 7. Stenciltryck nr 40, 176 s.
- Jansson, L.-E. 1966. Plaströr i VA-tekniken. Kungl. väg- och vattenbyggnadsstyrelsens publikationsserie, Pu 8.7, 47 s.
- Johansson, W. 1965. Bevattning med mindre arbete - en översikt över material och tillägagångssätt. Svensk valltidsskrift, årg. 4, 134-138.
- Johansson, W. 1968. Bevattning - teknik och ekonomi. Lantmännen, årg. 79, nr 12, 15-20.
- Johansson, W. & Tjärvar, B. 1964. Dimensionering och utformning av bevattningsanläggningar, Grundförbättring, årg. 17, 221-243.
- Nitsch, U. 1967. Kan man bevattna med östersjövattnen? Grundförbättring, årg. 20, 133-148.
- Statens redskapsprøver 1965. Prøve med pumper til vandingsanlaeg. Meddelelse 700-711. Bygholm, Horsens.
- Statens redskapsprøver 1966-1969. Prøve med spredere og rør til vandingsanlaeg. Meddelelse 800-818, 889, 890, 933 och 971. Bygholm, Horsens.
- Svenska Diamantbergborrnings AB 1959. Brunnsborrningar (t.o.m. 1958). 259 s.
- Svenska Diamantbergborrnings AB 1967. Brunnsborrningar (1959-1965). 53 s.

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) 1962.

Årsbok 43. 1961. I. Månadsöversikt över väderlek
och vattentillgång, 120 s.

Wallén, C. C. 1966. Global solar radiation and potential eva-
potranspiration in Sweden. *Tellus*, årg. 18. 786-800.

Vattenlagen, Särtryck ur Sveriges Rikes Lag 1964, 392-567.

Fig. 1. Diagram för bestämning av vattenbehov per tidsenhet = erforderlig pumpkapacitet. Diagrammen kan även användas för större arealer än 25 ha. Detta kan t.ex. ske genom bestämning för halva den aktuella arealen och dubbling av erhållet värde för erforderlig kapacitet.

Diagrammen kan vidare användas för att ge upplysning om hur stor areal som kan vattnas vid bestämd tillrinning och drifttid. De måste då läsas i motsatt riktning mot pilarna på den dragna linjen.

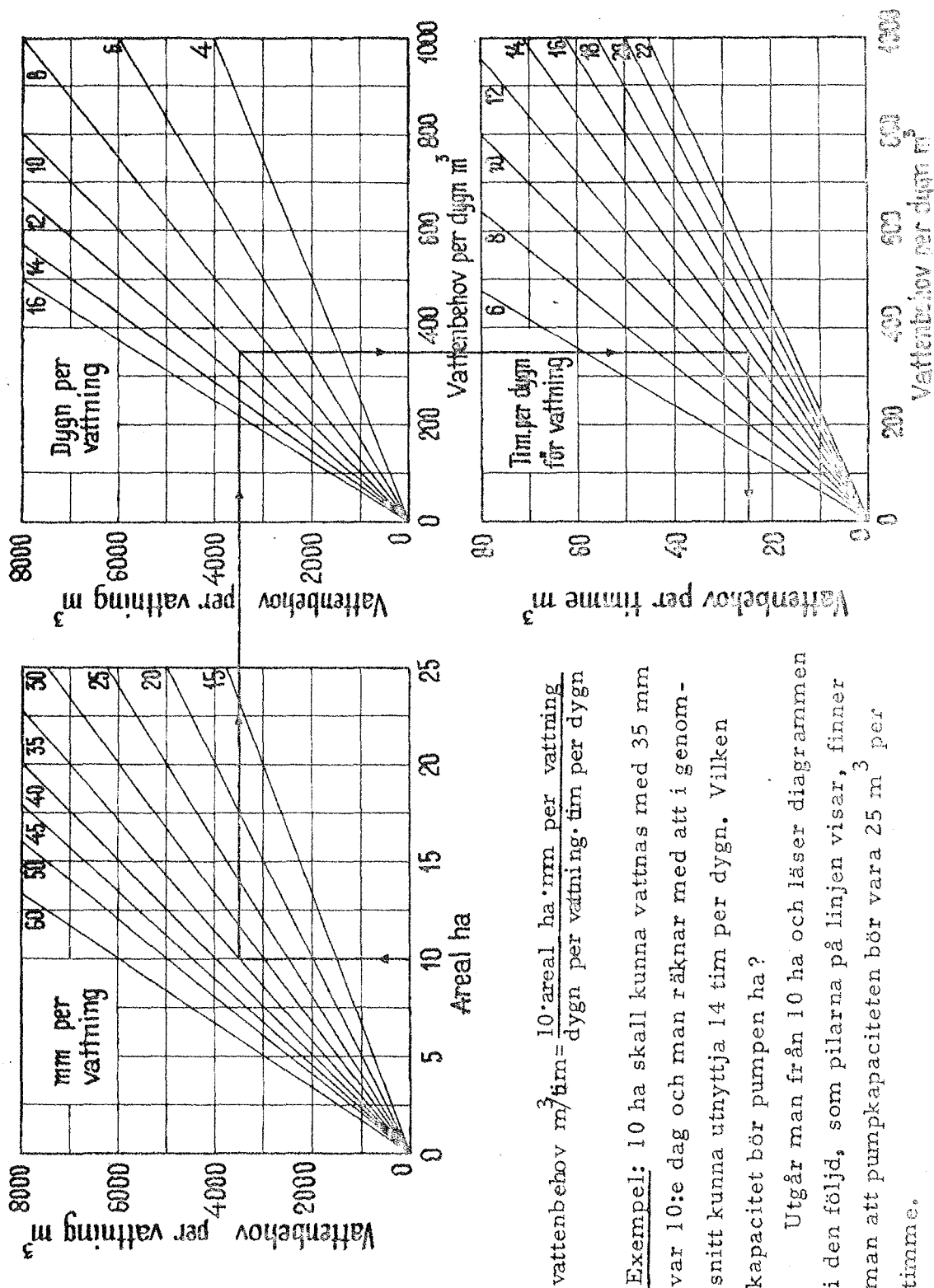


Fig. 2. Exempel på anläggning med spridar slangar. Bevattning kan ske med spridarna i tre uppställningar utan flyttning av spridarledningen av metallrör. Systemet kan även användas med t. ex. dubbelt så långa slangar för 5 spridaruppställningar. Det är vidare möjligt att ha längre avstånd mellan slangarnas uttag och att då placera spridarna på 5-6 platser kring uttaget.

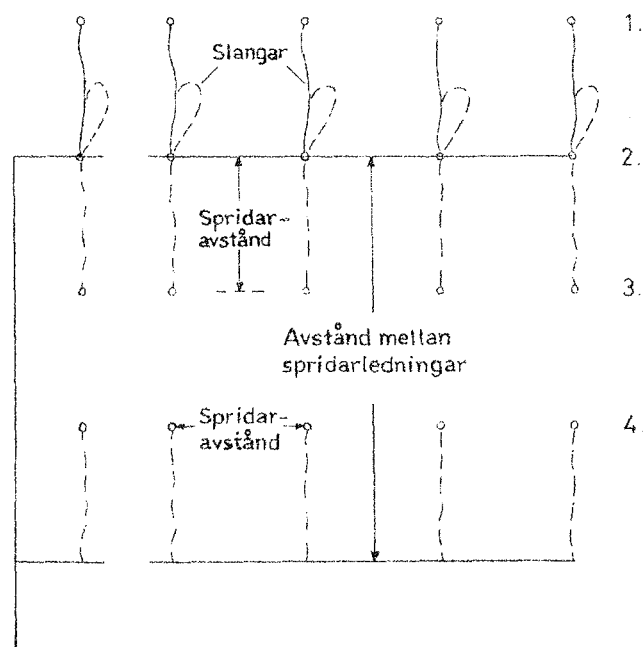


Fig. 3. Lämpliga spridaravstånd

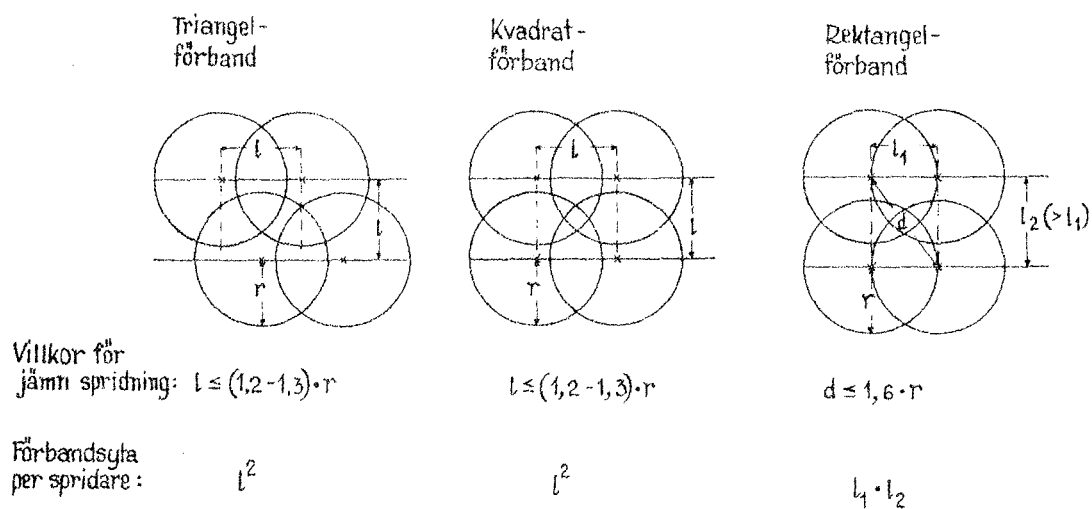


Fig. 4. Exempel på två likstora spridare med bra och dålig vattenfördelning. Jämnast fördelning i förband ernås om vattenmängden avtar lineärt med avståndet från spridaren.

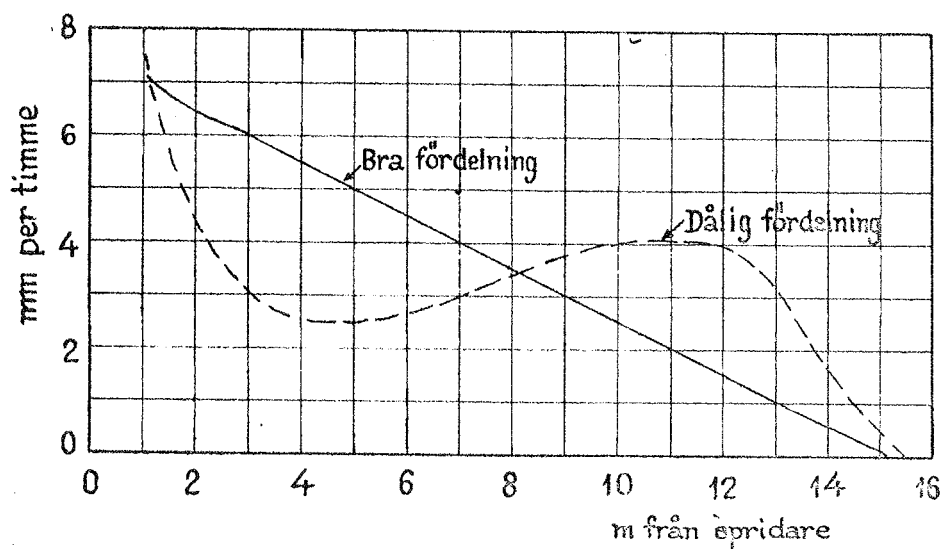


Fig. 5. Utströmning per spridare vid olika stora munstycken och övertryck beräknad för utströmningkoefficienten 0.95.

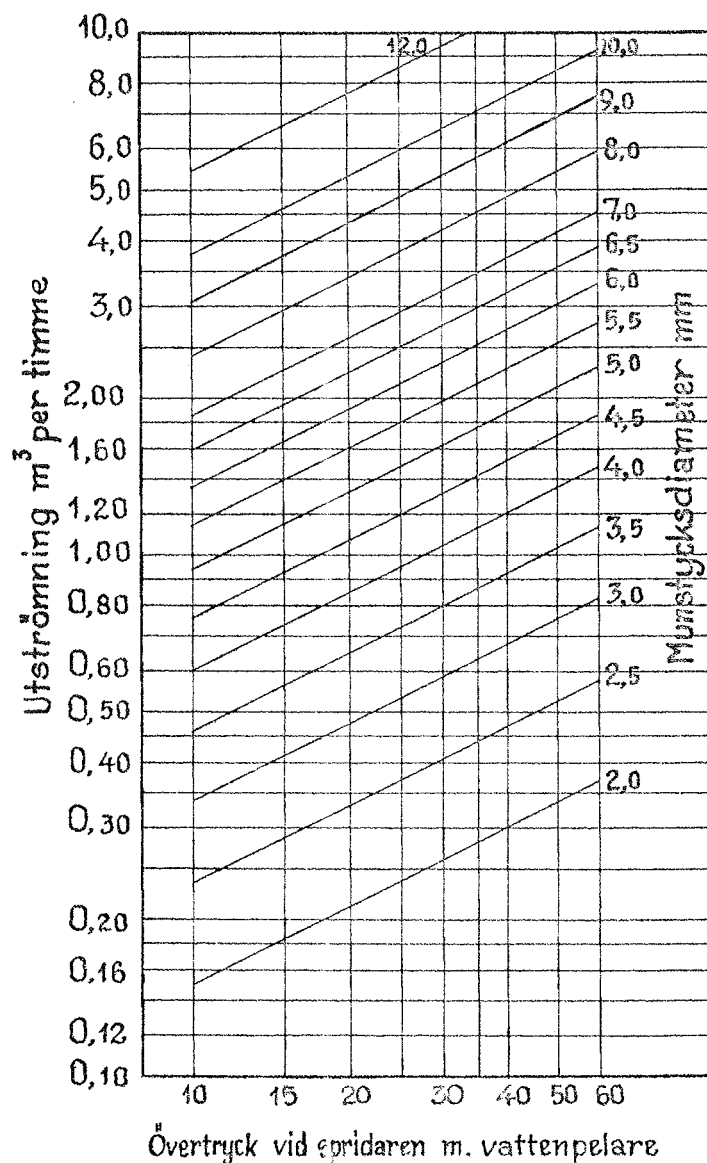
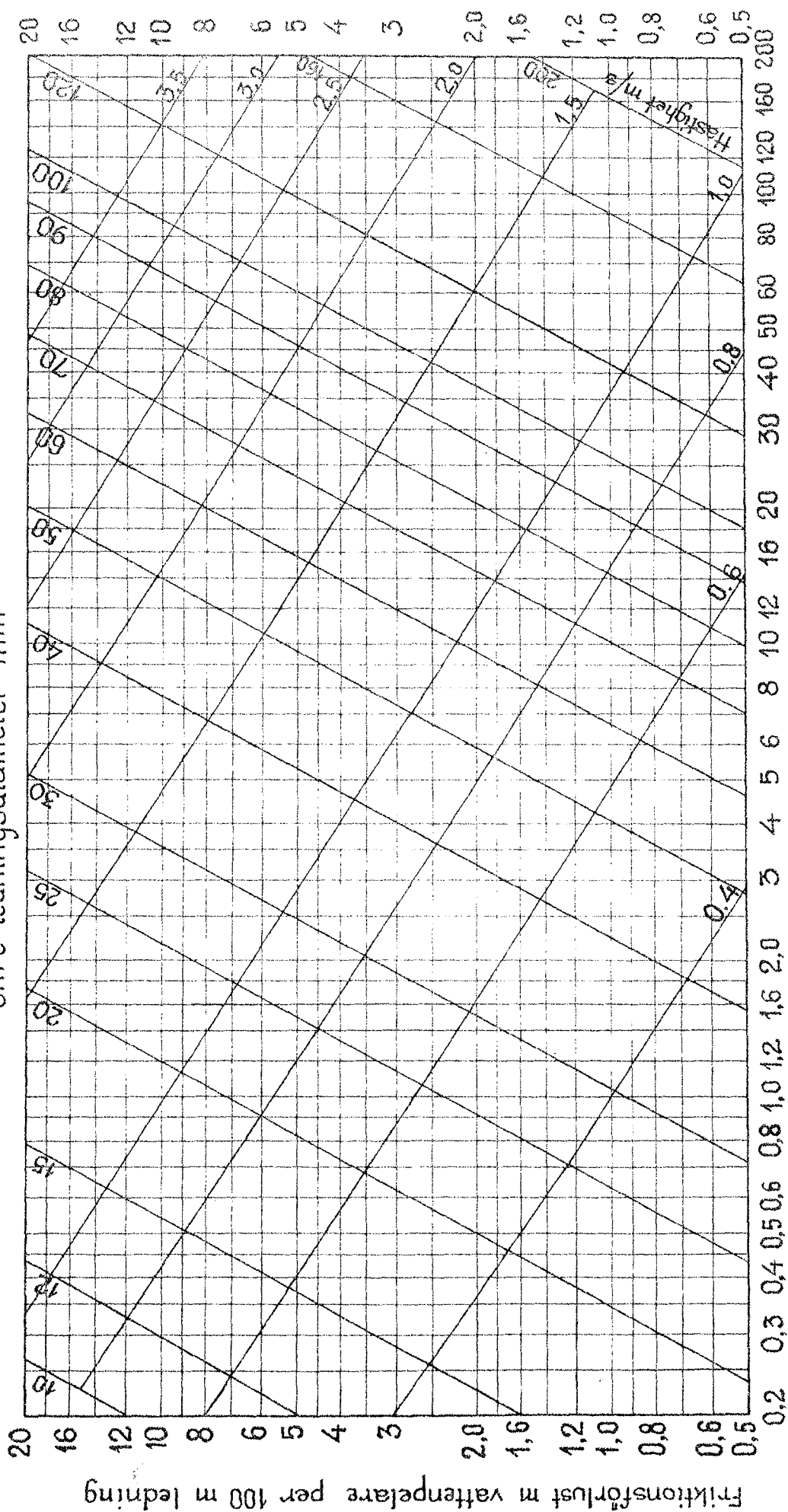


Fig. 6. Friktionsförluster i ledningar av galvaniserade stålrör och av aluminiumrör med kopplingar beräknade enligt Colebrook för rånetstalet 0.1 mm och vattentemperaturen $+10^\circ \text{C}$.

Rör förluster i ventiler, böjar etc. göres för stålrörsledningar ett procentuellt tillägg av ca 10% . För ledningar av aluminium kan dessa förluster i regel anses ingå i avlästa värden.

Diagrammet kan även användas för jordledningar av galvaniserade och korrosionsskyddade stålrör och av asbestcimentrör. Inflytandet av kopplingar, böjar etc. kan då anses vara inkluderat i avlästa värden.

Inre ledningsdiameter mm



Genomströmning m^3 vatten per timme

Fig. 7. Friktionsförluster i plaströrsledningar beräknade enligt Colebrook för rårörstalet 0.01 mm och vattentemperaturen $+10^{\circ}\text{C}$.

För förluster i ventiler, böjar etc. göres ett procentuellt tillägg av ca 10 % till avlästa värden.

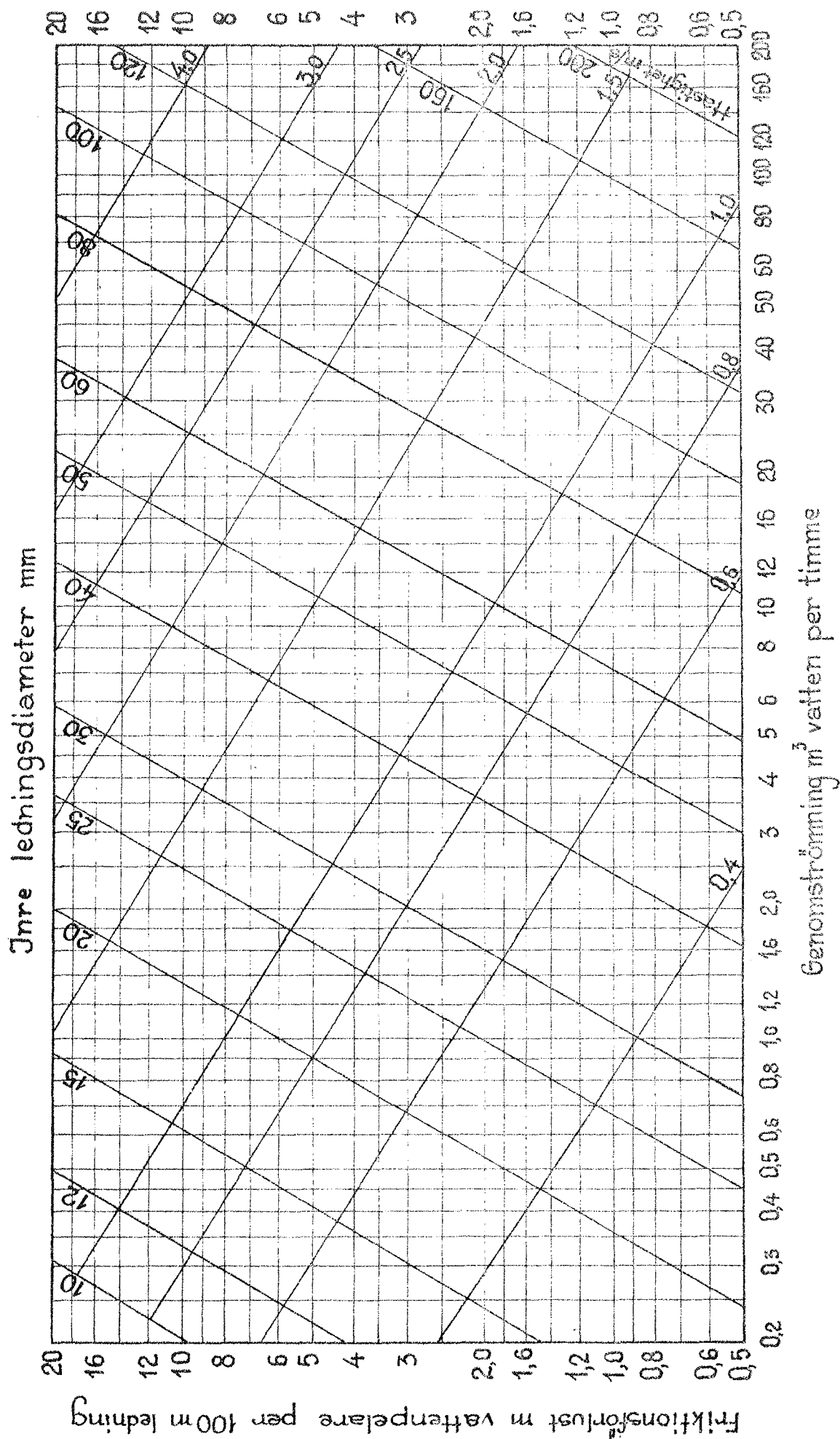
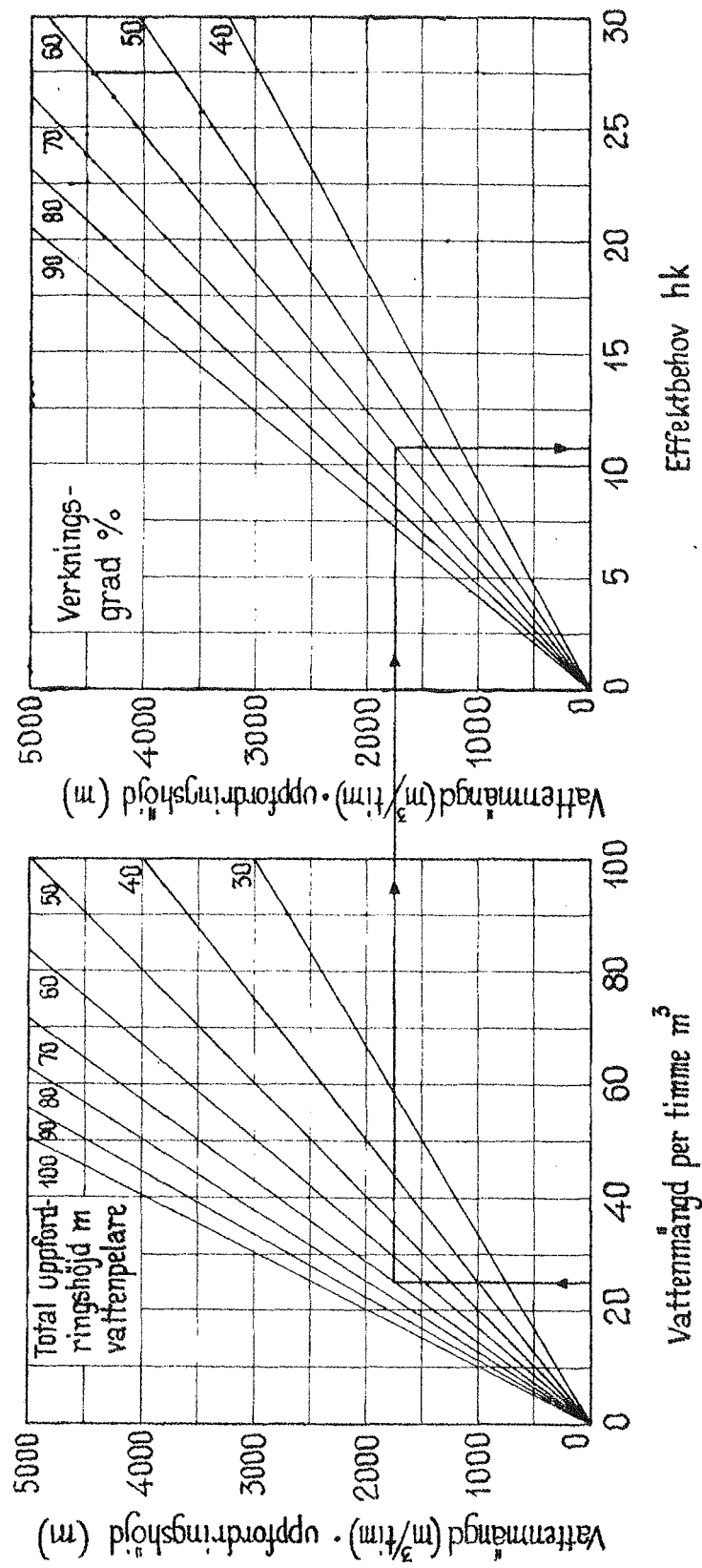


Fig. 8. Diagram för bestämning av effektbehov vid pumpen. För elmotorer och förbränningsmotorer sammankopplade med pumpen bör motoreffekten vara minst 1.2 gånger avlästa värden. För traktorer bör motorstyrkan vara 1.5-2 gånger pumpens effektbehov.



$$\text{Effektbehov (hk)} = \frac{\text{vattenmängd (m}^3/\text{tim)} \cdot \text{uppföringshöjd (m v.p.)}}{2.7 \cdot \text{verkningsgrad (\%)}}$$

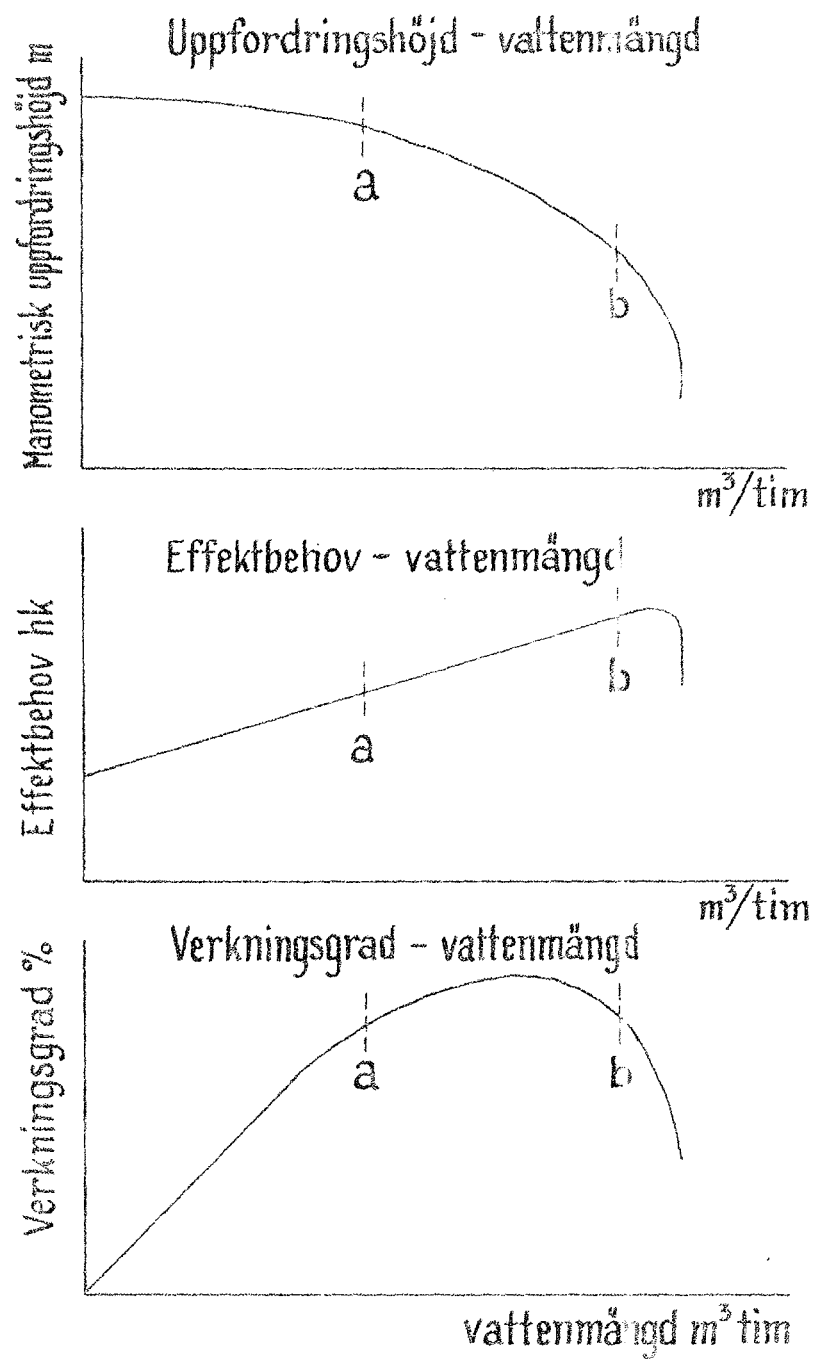
Utbytes 2.7 mot 3.67 erhålles effekten i kW.

Exempel: En pump skall ge 25 m³ per timme vid en total uppföringshöjd av 70 m. Hur stor effekt behövs, om verkningsgraden antages vara 60 %?

Man finner genom att följa linjen med pilar att effektbehovet är knappt 11 hk. En elmotor för denna pump bör vara på minst 13 hk. En traktor bör ha en motorstyrka på minst 16-17 hk.

Fig. 9. Exempel på fullständig pumpkaraktistik för en centrifugalpump. Efter Statens redskapspröver (1965, medd. 700).

Denna pump har god verkningsgrad inom ett ganska brett vattenmängdsintervall; a-b i figuren.



Tabell 1. Lämpliga bevattningsmängder (netto) för olika jordar och rotdjup. Värdena anger hur långt uttorkningen i regel kan gå innan tillväxten börjar hämmas. I genomsnitt bör man räkna med 10-15 % högre bruttomängder på grund av de spridningsförluster, som normalt förekommer vid dagbevattning.

Jordart i matjorden	Rotdjup cm	Bevattning mm per gång
Mullfattig sand	0-30	15-20
	0-50	25-30
Mullhaltig grovmo	0-30	25-30
	0-50	35-40
Mullhaltig styv lera	0-30	25-30
	0-50	35-45
Mulljord	0-30	40-50
	0-50	70-80

Tabell 2. Arbets- och dragkraftsbehov per hektar vid bevattning med vanliga flyttbara metallrörsledningarna. Efter sammanställning hos Johansson & Tjärvar (1964).

Engångsarbeten per säsong	Manuellt arbete	Traktor
Uppbyggnad av anläggning	30-50 min	30-50 min
Iordningsställande av pumpplats(-er)	10-50 min	
Intagning av anläggning	30-60 min	30-60 min

Arbete per bevattning

Flyttning av rör och spridare

Låga grödor t.ex. betesvall	1 3/4- 2 1/2 tim	25-50 min
Höga grödor t.ex. potatis	2 1/2- 3 1/2 tim	50-80 min
Ömtåliga grödor t.ex. gurkor	6- 12 tim	20-25 min

Skötsel av pumpaggregat

Eldrift	5-45 min
Traktordrift	1/2-2 tim

Reparationer och underhåll per säsong 2-3 tim

Tabell 3. Möjlig avdunstning (potentiell evapotranspiration) från ett växande slutet bestånd vid optimala fuktighetsbetingelser i marken. Värdena är beräknade för perioden 1931-1960 av Wallén (1966) enligt Penmans metod.

Ort	mm						april-sept.
	april	maj	juni	juli	aug.	sept.	
Malmö	53	94	109	109	89	50	504
Halmstad	51	88	110	105	81	52	487
Kalmar	51	88	111	112	93	49	504
Visby	53	90	121	124	95	54	537
Jönköping	45	75	107	97	73	32	429
Vänersborg	43	79	105	109	84	44	464
Linköping	54	88	104	113	83	45	487
Örebro	46	92	114	108	73	34	467
Karlstad	49	95	118	123	87	43	515
Uppsala	53	94	118	118	81	42	506
Falun	44	90	110	112	70	34	460
Härnösand	42	88	105	113	76	42	466
Östersund	44	82	100	99	70	38	433
Haparanda	31	76	109	115	69	21	421

Tabell 4. Medelnederbörd 1931-1960. Från SMHI (1962).

	mm						april-sept.
	april	maj	juni	juli	aug.	sept.	
Malmö	32	38	45	65	62	52	294
Kristianstad	32	39	48	82	65	52	318
Halmstad	36	47	62	108	97	76	426
Kalmar	28	36	36	55	55	47	257
Visby	31	30	32	52	56	51	252
Jönköping	31	40	55	71	68	57	322
Vänersborg	44	39	57	80	79	81	380
Skara	37	44	53	80	74	69	357
Linköping	31	38	46	67	69	54	305
Örebro	37	41	55	72	82	65	352
Karlstad	39	35	48	60	78	68	328
Uppsala	33	34	49	64	75	56	311
Falun	31	40	59	73	83	58	344
Härnösand	46	34	52	58	78	68	336
Östersund	29	31	69	77	74	51	331
Umeå	34	29	49	63	77	61	313
Haparanda	34	30	41	54	71	65	295

Tabell 5. Frekvens av nederbördsmängder i juni åren 1885-1964. Från Håkansson et al. (1968).

Ort	Antal år av 80										
	0-20 mm	20- 40	40- 60	60- 80	80- 100	100- 120	120- 140	140- 160	160- 180	180- 200	mer än 200 mm
Lund	9	21	24	12	8	3	1	1	1	0	
Kristianstad	9	32	20	9	6	3	0	1	0		
Halmstad	6	19	24	15	6	8	1	1	0		
Kalmar	20	30	19	7	3	1	0				
Visby	18	38	17	7	0						
Vänersborg	8	22	21	13	9	4	2	1	0		
Skara	6	18	24	19	7	3	1	1	1	0	
Linköping	6	26	24	14	7	3	0				
Örebro	3	20	27	19	5	1	4	1	0		
Karlstad	9	23	26	12	5	4	1	0			
Uppsala	4	22	30	19	4	1	0				
Härnösand	10	24	22	17	1	5	0	0	0	0	1
Östersund	6	11	28	16	11	5	2	1	0		
Umeå	9	27	22	13	7	2	0				
Haparanda	17	26	19	13	5	0					

Tabell 6. Frekvens av nederbördsmängder i juli åren 1885-1964. Från Håkansson et al. (1968).

Ort	Antal år av 80										
	0-20 mm	20- 40	40- 60	60- 80	80- 100	100- 120	120- 140	140- 160	160- 180	180- 200	mer än 200 mm
Lund	1	11	21	20	14	7	4	1	0	1	0
Kristianstad	2	12	22	20	6	9	6	1	2	0	
Halmstad	0	10	10	17	14	14	5	4	3	1	2
Kalmar	10	19	26	14	6	1	4	0			
Visby	12	28	20	8	4	4	1	2	0	1	0
Vänersborg	4	14	14	19	11	6	7	1	1	3	0
Skara	4	4	20	19	13	10	7	0	1	1	1
Linköping	4	14	15	18	15	11	0	2	1	0	
Örebro	2	9	19	21	13	7	5	2	1	1	0
Karlstad	7	10	21	17	8	9	4	3	1	0	
Uppsala	7	10	16	21	11	8	4	2	0	0	1
Härnösand	13	15	18	19	6	6	1	0	1	1	0
Östersund	4	11	19	17	15	10	2	1	1	0	
Umeå	8	18	19	21	9	3	0	1	1	0	
Haparanda	16	15	18	19	9	1	0	1	0	1	0

Tabell 7. Exempel på lämpliga spridaravstånd och beräkning av medelintensitet. Övertryck vid munstycke: 35 m vattenpelare.

Munstycks- diameter mm	Kast- längd m	Utström- ning m ³ /tim	Lämpliga spridar- avstånd m·m	Förbandsyta m ² per spridare	Medel- intensitet mm/tim
4.8	13	1.60	15·15	225	7.1
			12·18	216	7.4
6.0	17.5	2.56	21·21	441	5.8
			18·24	432	5.9

$$\text{Medelintensitet brutto (mm/tim)} = \frac{1000 \cdot \text{utströmning per spridare (m}^3/\text{tim)}}{\text{förbandsyta (m}^2/\text{spridare)}}$$

Tabell 8. Faktorer att använda vid beräkning av friktionsförluster i spridarledningar med inbördes lika avstånd mellan spridare eller slanguttag. Vid sådan beräkning bestämmer man först med hjälp av diagram i fig. 6 eller 7 förlusten för hela ledningen och spridarnas totala utströmning. Det erhållna värdet multipliceras sedan med tabellens faktor för det aktuella antalet spridare eller uttag.

Antal spridare eller uttag	Faktor för multiplice- ring	Antal spridare eller uttag	Faktor för multiplice- ring
1	1.00	8	0.40
2	0.63	10	0.39
3	0.52	15	0.37
4	0.47	20	0.36
5	0.44	30	0.35
6	0.42	50	0.34

Tabell 9. Maximalt antal spridare eller slanguttag på en spridarledning, när övertrycket på plan mark är 38 m vattenpelare (m v.p.) före första och minst 32 m v.p. vid sista spridaren (uttaget). Medeltrycket 35 m v.p. Uppgifterna baserar sig på värden från diagrammen i fig. 5 och 6 samt från tabell 8.

Munstycks- diameter mm	Avstånd mel- lan spridare (uttag) m	Antal spridare vid resp. ledningsdiameter(inre)				
		48 mm	58 mm	68 mm	74 mm	87 mm
4.0	9	12	18	24	28	37
	12	11	16	21	25	33
	18	10	14	19	22	29
5.0	9	9	13	17	20	27
	12	8	12	16	18	24
	18	7	10	14	16	21
6.0	12	6	9	12	14	19
	18	5	8	10	12	16
	24	5	7	9	11	15
7.0	12	5	7	10	11	15
	18	4	6	8	10	13
	24	4	5	7	9	12

Tabell 10. Spridarledningens längd vid maximalt antal spridare enligt villkoren i tabell 9. Längden = avståndet mellan första och sista spridaren plus ett spridaravstånd.

Munstycks- diameter mm	Avstånd mel- lan spridare (uttag) m	Spridarledningens längd i m vid resp. diameter (inre)				
		48 mm	58 mm	68 mm	74 mm	87 mm
4.0	9	108	162	216	252	333
	12	132	192	252	300	396
	18	180	252	342	396	522
5.0	9	81	117	153	180	243
	12	96	144	192	216	288
	18	126	180	252	288	378
6.0	12	72	108	144	168	228
	18	90	144	180	216	288
	24	120	168	216	264	360
7.0	12	60	84	120	132	180
	18	72	108	144	180	234
	24	96	120	168	216	288